

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re U.S. Patent Application of)
TSUCHIYA et al.)
Application Number: To be Assigned)
Filed: Concurrently Herewith)
For: SEMICONDUCTOR OPTICAL DEVICES AND)
OPTICAL MODULES)
ATTORNEY DOCKET NO. NITT.0194)

**Honorable Assistant Commissioner
for Patents
Washington, D.C. 20231**

**REQUEST FOR PRIORITY
UNDER 35 U.S.C. § 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

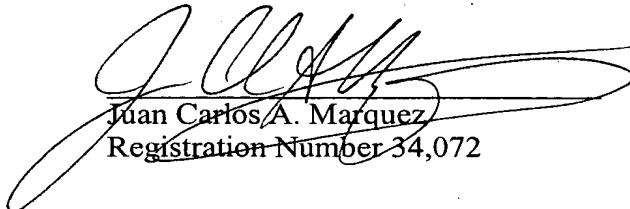
Sir:

In the matter of the above-captioned application for a United States patent, notice is hereby given that the Applicant claims the priority date of December 12, 2003, the filing date of the corresponding Japanese patent application 2003-415251.

A certified copy of Japanese patent application 2003-415251 is being submitted herewith. Acknowledgment of receipt of the certified copy is respectfully requested in due course.

Respectfully submitted,

Stanley P. Fisher
Registration Number 24,344



Juan Carlos A. Marquez
Registration Number 34,072

REED SMITH LLP
3110 Fairview Park Drive
Suite 1400
Falls Church, Virginia 22042
(703) 641-4200
February 23, 2004

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this office.

Date of Application : December 12, 2003
Application Number : Patent Application No. 2003-415251
Applicant (s) : Hitachi, Ltd.
OpNext Japan, Inc.

Dated this 22th day of January, 2004

Yasuo IMAI
Commissioner,
Patent Office
Certificate No. 2004-3001827

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年12月12日
Date of Application:

出願番号 特願2003-415251
Application Number:

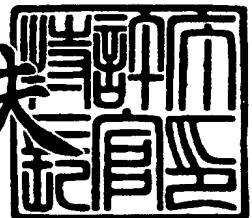
[ST. 10/C] : [JP2003-415251]

出願人 株式会社日立製作所
Applicant(s): 日本オプネクスト株式会社

2004年 1月22日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 NT03P0867
【提出日】 平成15年12月12日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01S 3/18
【発明者】
【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所
【氏名】 土屋 朋信
【発明者】
【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所
【氏名】 大▲歳▼ 創
【特許出願人】
【識別番号】 000005108
【氏名又は名称】 株式会社日立製作所
【特許出願人】
【識別番号】 301005371
【氏名又は名称】 日本オプネクスト株式会社
【代理人】
【識別番号】 100068504
【弁理士】
【氏名又は名称】 小川 勝男
【電話番号】 03-3537-1621
【選任した代理人】
【識別番号】 100086656
【弁理士】
【氏名又は名称】 田中 恭助
【電話番号】 03-3537-1621
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 081423
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲

【請求項1】

InP基板と、前記InP基板上部に量子井戸構造で構成された活性領域と、前記活性領域の上下に光ガイド層と、クラッド層を有し、光の出射方向と交差する方向の側面において、前記活性領域の側面が前記量子井戸層のバンドギャップエネルギーより大きなバンドギャップエネルギーを有する半導体層で埋め込まれており、前記量子井戸層のAl組成が $0 \leq Al\text{組成比} \leq 0.13$ のInGaAlAsなる化合物半導体層の群から選ばれた少なくとも一者からなることを特徴とする半導体光素子。

【請求項2】

前記量子井戸層のAl組成が $0.01 \leq Al\text{組成比} \leq 0.1$ の範囲にあることを特徴とする請求項1に記載の半導体光素子。

【請求項3】

前記InGaAlAsが、当該4元系化合物半導体材料($In_{1-x-y}Ga_xAl_yAs$)の組成図において、A (In:0.87, Ga:0, Al:0.13)、B (In:1.0, Ga:0, Al:0)、C (In:0, Ga:1.0, Al:0)、D (In:0, Ga:0.87, Al:0.13)の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなることを特徴とする請求項1に記載の半導体光素子。

【請求項4】

InP基板と、前記InP基板上部に量子井戸構造で構成された活性領域と、前記活性領域の上下に光ガイド層、クラッド層を有し、光の出射方向と交差する方向の側面において、前記活性領域の側面が前記量子井戸層のバンドギャップエネルギーより大きなバンドギャップエネルギーを有する半導体層で埋め込まれており、前記量子井戸層が、組成比($In_{1-x-y}Ga_xAl_yAs$)が、当該4元系化合物半導体材料の組成図において、E (In:0.52, Ga:0, Al:0.48)、F (In:0.53, Ga:0.47, Al:0)、C (In:0, Ga:1.0, Al:0)、G (In:0, Ga:0, Al:1.0)の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなり、前記量子井戸層が引張り歪を有することを特徴とする半導体光素子。

【請求項5】

前記InGaAlAs層が、当該4元系化合物半導体材料($In_{1-x-y}Ga_xAl_yAs$)の組成図において、H (In:0.53, Ga:0.34, Al:0.13)、F (In:0.53, Ga:0.47, Al:0)、C (In:0, Ga:1.0, Al:0)、D (In:0, Ga:0.87, Al:0.13)の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなり、引張り歪を有することを特徴とする請求項1に記載の半導体光素子。

【請求項6】

前記活性領域からの発光波長が、 $1.25\mu m$ より $1.35\mu m$ の範囲内にあることを特徴とする請求項5に記載の半導体光素子。

【請求項7】

前記InGaAlAs層が、当該4元系化合物半導体材料($In_{1-x-y}Ga_xAl_yAs$)の組成図において、H (In:0.53, Ga:0.34, Al:0.13)、I (In:0.53, Ga:0.4, Al:0.07)、J (In:0.4, Ga:0.6, Al:0)、K (In:0.26, Ga:0.74, Al:0)、L (In:0.46, Ga:0.41, Al:0.13)の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなり、引張り歪を有することを特徴とする請求項5に記載の半導体光素子。

【請求項8】

前記活性領域からの発光波長が、 $1.25\mu m$ より $1.35\mu m$ の範囲内にあり、前記InGaAlAs層が、当該4元系化合物半導体材料($In_{1-x-y}Ga_xAl_yAs$)の組成図において、H (In:0.53, Ga:0.34, Al:0.13)、I (In:0.53, Ga:0.4, Al:0.07)、J (In:0.4, Ga:0.6, Al:0)、K (In:0.26, Ga:0.74, Al:0)、L (In:0.46, Ga:0.41, Al:0.13)の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなることを特徴とする

請求項5に記載の半導体光素子。

【請求項9】

前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする請求項6に記載の半導体光素子。

【請求項10】

前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする請求項7に記載の半導体光素子。

【請求項11】

前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする請求項8に記載の半導体光素子。

【請求項12】

前記活性領域からの発光波長が、1.36μmより1.49μmの範囲内にあることを特徴とする請求項1に記載の半導体光素子。

【請求項13】

前記4元系化合物半導体材料(Indium_{1-x-y} Gallium_x Al_y Arsenide)の組成図において、O(Indium: 0.76, Gallium: 0.11, Aluminum: 0.13), P(Indium: 0.5, Gallium: 0.5, Aluminum: 0), Q(Indium: 0.34, Gallium: 0.66, Aluminum: 0), R(Indium: 0.55, Gallium: 0.32, Aluminum: 0.13)の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなることを特徴とする請求項1に記載の半導体光素子。

【請求項14】

前記4元系化合物半導体材料(Indium_{1-x-y} Gallium_x Al_y Arsenide)の組成図において、O(Indium: 0.76, Gallium: 0.11, Aluminum: 0.13), P(Indium: 0.5, Gallium: 0.5, Aluminum: 0), Q(Indium: 0.34, Gallium: 0.66, Aluminum: 0), R(Indium: 0.55, Gallium: 0.32, Aluminum: 0.13)の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなり、前記活性領域からの発光波長が、1.36μmより1.49μmの範囲内にあることを特徴とする請求項1に記載の半導体光素子。

【請求項15】

前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする請求項12に記載の半導体光素子。

【請求項16】

前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする請求項13に記載の半導体光素子。

【請求項17】

前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする請求項14に記載の半導体光素子。

【請求項18】

パッケージ基体と、このパッケージ基体に搭載された半導体光素子とを少なくとも有し、前記半導体光素子が請求項1より請求項17のいずれかに記載された半導体光素子であることを特徴とする光モジュール。

【請求項19】

前記光モジュールの封止構造が非気密封止であり、温度調節器を用いず、少なくとも前記半導体光素子が前記パッケージ基体に搭載されていることを特徴とする請求項18に記載の光モジュール。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体光素子及び光モジュール

【技術分野】

【0001】

本発明は光通信に用いて好適な半導体光素子及び前記活性領域に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光通信用半導体レーザにおける高温高速特性の改善対策として、多重量子井戸型活性層の材料を $InGaAsP$ 系化合物半導体材料から $InGaAlAs$ 系化合物半導体材料に置き換える検討が進められている。これは、バンド構造的に $InGaAlAs$ 系の方が電子の閉じ込めが強く、高温におけるレーザ特性の劣化が少ないとによる。一方、 $InGaAlAs$ 系では Al を含んだ層の結晶表面が酸化しやすいため、メサ状の活性領域の両側を埋め込む時、その再成長界面に欠陥が発生する。この為、半導体レーザの構造としては、埋め込み構造とリッジ構造があるが、 $InGaAlAs$ 系半導体レーザとしては再成長界面を必要としないリッジ型が多い。 $InGaAlAs$ 系レーザの例としては、活性層の構成に圧縮歪を用いた特開平10-84170号公報（特許文献1）やJournal of crystal growth 145 pp 858-868 1994年（非特許文献1）がある。 $InGaAlAs$ 系埋め込み型レーザの例としては、IPRM96 (Intern. Conf. on Indium Phosphide and Related Material) の Th A 2-2 p 765 1996年がある（非特許文献2）。又、 $InGaAlAs$ 系埋め込み型レーザにおける界面処理の検討としては、硫化アンモニウムによる S (硫黄、sulphur) 処理があり、例えば、IPRM98 (Intern. Conf. on Indium Phosphide and Related Material) Th P-48 p 702 1998年に知られている（非特許文献3）。又、圧縮歪を用いた発振波長別の例は、例えば、1.55 μm 帯では $InGaAs$ 量子井戸層（非特許文献2）、 $InGaAlAs$ 量子井戸層（非特許文献3）が報告されており、1.3 μm 帯では $In_{0.673}Ga_{0.157}Al_{0.17}As$ ～ $In_{0.751}Ga_{0.106}Al_{0.143}As$ などが第14回レーザコンファレンス、1994年 TH 1.3 215ページで報告されている（非特許文献4）。

【0003】

【特許文献1】特開平10-84170号公報（請求項1、図3）

【0004】

【非特許文献1】Journal of crystal growth 145, pp 858-868 1994年

【非特許文献2】IPRM96 (Intern. Conf. on Indium Phosphide and Related Material) の Th A 2-2, p 765, 1996年

【非特許文献3】IPRM98 (Intern. Conf. on Indium Phosphide and Related Material) Th P-48 p 702 1998年

【非特許文献4】第14回レーザコンファレンス、1994年 TH 1.3 215ページ

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記従来技術におけるリッジ型と埋め込み型の比較では、埋め込み型の方が横方向の電流狭窄が可能なため、低しきい値化や高速化の点で優れる。この為、再成長界面の酸化が問題となる $InGaAsP$ 系半導体レーザ素子では埋め込み型が多い。一方、活性層に Al を含んだ $InGaAlAs$ 系半導体レーザ素子では、 Al を含んだ表面層の酸化により再成長界面に欠陥が発生する。酸化膜による欠陥を低減する方法として、上記従来技術の S 処理があるが、光通信で必要とされる長期信頼性を実現するには至っていない。

【0006】

こうした技術を背景として、本発明の目的は、所定の発振波長帯域を満足しつつ、長期信頼性の確保を可能とする $InGaAlAs$ 系半導体レーザ装置を提供することである。

ここで、前記発振波長帯は、1.3μm帯及び1.36～1.49μm帯を指し、こうした半導体レーザ装置は光通信用光源、或いはラマンアンプやファイバーアンプ用の励起光源として好適である。又、技術的には、埋め込み用半導体層の再成長界面の欠陥を低減することが課題となる。これは、長期信頼性を有するInGaAlAs系の埋め込み型構造の提供を可能とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の骨子を列挙すれば、次の通りである。

(1) 本発明の第1の形態は、InP基板と、前記InP基板上部に量子井戸構造で構成された活性領域と、前記活性領域の上下に光ガイド層と、クラッド層を有し、光の出射方向と交差する方向の側面において、前記活性領域の側面が前記量子井戸層のバンドギャップエネルギーより大きなバンドギャップエネルギーを有する半導体層で埋め込まれており、前記量子井戸層のAl組成が $0 \leq A_1 \leq 0.13$ のInGaAlAsなる化合物半導体層の群から選ばれた少なくとも一者からなることを特徴とする半導体光素子である。

【0008】

尚、本願明細書では、InP基板は、いわゆる結晶成長の為のInP基体に結晶性改善の為のバッファ層、或いは活性層下部のInPクラッド層としての役割などを持つInP化合物半導体層が形成されているものも含んでInP基板と称することとする。

(2) 本発明の第2の形態は、前記量子井戸層のAl組成が $0.01 \leq A_1 \leq 0.1$ の範囲にあることを特徴とする前項(1)に記載の半導体光素子である。

(3) 本発明の第3の形態は、前記InGaAlAsが、当該4元系化合物半導体材料($In_{1-x-y}Ga_xAl_yAs$)の組成図において、A($In:0.87, Ga:0, Al:0.13$)、B($In:1.0, Ga:0, Al:0$)、C($In:0, Ga:1.0, Al:0$)、D($In:0, Ga:0.87, Al:0.13$)の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなることを特徴とする前項(1)に記載の半導体光素子。

【0009】

前記積層体の、光の射出方向と交差する方向の側面に設けられた半導体層は、いわゆる埋め込み層と称され、この半導体層内にpn接合などを設け、埋め込み層を介したリーク電流を阻止する各種変形形態を取ることは、特性の要請に応じて自由である。尚、前記少なくとも前記活性領域と前記上部クラッド層の積層体は、前記活性領域に対して基板側の下部クラッド層或いはクラッド層の一部をも含んで積層体を構成する形態も取ることが出来る。

【0010】

本願発明の最も基本的な形態を説明したが、発振波長が1.3μm帯の半導体レーザ装置において、本願発明のごとく、活性領域の量子井戸層のAlを低減するために引っ張り歪を有する形態で用いた例はこれまで見出していない。この形態を実現することで、InGaAlAs層を量子井戸層に用い且つ小さなAl組成比により、再成長界面の酸化低減を実現することを可能とした。表面酸化が少ない状態である為、高品質な埋め込み型化合物半導体積層体を実現することが出来る。従って、半導体光素子の長期の信頼性を確保することが出来る。

【0011】

更なる発明の主要な具体的諸形態を列挙する。

(4) 本発明の第4の形態は、InP基板と、前記InP基板上部に量子井戸構造で構成された活性領域と、前記活性領域の上下に光ガイド層、クラッド層を有し、光の出射方向と交差する方向の側面において、前記活性領域の側面が前記量子井戸層のバンドギャップエネルギーより大きなバンドギャップエネルギーを有する半導体層で埋め込まれており、前記量子井戸層が引っ張り歪を有することを特徴とする半導体光素子である。

【0012】

前記量子井戸層の具体的組成例を示せば、組成比($In_{1-x-y}Ga_xAl_yAs$)が

、当該4元系化合物半導体材料の組成図において、E (In: 0.52, Ga: 0, Al: 0.48)、F (In: 0.53, Ga: 0.47, Al: 0)、C (In: 0, Ga: 1.0, Al: 0)、G (In: 0, Ga: 0, Al: 1.0) の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなるものである。

(5) 本発明の第5の形態は、前記InGaAlAs層が、引っ張り歪を有することを特徴とする前項(1)に記載の半導体光素子である。

【0013】

その具体的組成例を示せば、当該4元系化合物半導体材料 (In_{1-x-y} Ga_x Al_y As) の組成図において、H (In: 0.53, Ga: 0.34, Al: 0.13)、F (In: 0.53, Ga: 0.47, Al: 0)、C (In: 0, Ga: 1.0, Al: 0)、D (In: 0, Ga: 0.87, Al: 0.13) の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなるものである。

(6) 本発明の第6の形態は、前記活性領域からの発光波長が、1.25μmより1.35μmの範囲内にあることを特徴とする前項(5)に記載の半導体光素子である。

(7) 本発明の第7の形態は、前記InGaAlAs層が、当該4元系化合物半導体材料 (In_{1-x-y} Ga_x Al_y As) の組成図において、H (In: 0.53, Ga: 0.34, Al: 0.13)、I (In: 0.53, Ga: 0.4, Al: 0.07)、J (In: 0.4, Ga: 0.6, Al: 0)、K (In: 0.26, Ga: 0.74, Al: 0)、L (In: 0.46, Ga: 0.41, Al: 0.13) の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなり、引っ張り歪を有することを特徴とする前項(5)に記載の半導体光素子。

(8) 本発明の第8の形態は、前記活性領域からの発光波長が、1.25μmより1.35μmの範囲内にあり、前記InGaAlAs層が、当該4元系化合物半導体材料 (In_{1-x-y} Ga_x Al_y As) の組成図において、H (In: 0.53, Ga: 0.34, Al: 0.13)、I (In: 0.53, Ga: 0.4, Al: 0.07)、J (In: 0.4, Ga: 0.6, Al: 0)、K (In: 0.26, Ga: 0.74, Al: 0)、L (In: 0.46, Ga: 0.41, Al: 0.13) の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなることを特徴とする前項(5)に記載の半導体光素子である。

(9) 本発明の第9の形態は、前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする前項(6)に記載の半導体光素子である。

(10) 本発明の第10の形態は、前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする前項(7)に記載の半導体光素子である。

(11) 本発明の第11の形態は、前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする前項(8)に記載の半導体光素子である。

(12) 本発明の第12の形態は、前記活性領域からの発光波長が、1.36μmより1.49μmの範囲内にあることを特徴とする前項(1)に記載の半導体光素子である。

(13) 本発明の第13の形態は、当該4元系化合物半導体材料 (In_{1-x-y} Ga_x Al_y As) の組成図において、O (In: 0.76, Ga: 0.11, Al: 0.13)、P (In: 0.5, Ga: 0.5, Al: 0)、Q (In: 0.34, Ga: 0.66, Al: 0)、R (In: 0.55, Ga: 0.32, Al: 0.13) の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなることを特徴とする前項(1)に記載の半導体光素子である。

(14) 本発明の第14の形態は、当該4元系化合物半導体材料 (In_{1-x-y} Ga_x Al_y As) の組成図において、O (In: 0.76, Ga: 0.11, Al: 0.13)、P (In: 0.5, Ga: 0.5, Al: 0)、Q (In: 0.34, Ga: 0.66, Al: 0)、R (In: 0.55, Ga: 0.32, Al: 0.13) の範囲内から選ばれた少なくとも一者からなり、前記活性領域からの発光波長が、1.36μmより1.49μmの範囲内にあることを特徴とする前項(1)に記載の半導体光素子である。

(15) 本発明の第15の形態は、前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする前項(12)に記載の半導体光素子である。

(16) 本発明の第16の形態は、前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングが

なされたことを特徴とする前項（13）に記載の半導体光素子である。

（17）本発明の第17の形態は、前記活性領域を構成する障壁層がp型のドーピングがなされたことを特徴とする前項（14）に記載の半導体光素子である。

（18）本願発明の第18の形態は、これまで説明してきた諸半導体光素子を送信側光源に搭載した光モジュールである。こうした光モジュールでは、モジュールの封止構造が非気密封止であり、モジュール内に温度調節器を搭載せずとも十分特性を確保出来る。

【0014】

本発明は、半導体レーザ素子を始め、当該波長範囲の光変調器や光スイッチなどの半導体光素子、およびこれらの半導体光素子を用いたモジュールをも当然提供するものである。

【発明の効果】

【0015】

InGaAlAs系半導体レーザ素子において、所定の発振波長帯域を確保しつつ長期信頼性を確保することが出来る。こうして、発振波長帯域及び長期信頼性の両面を満足する埋め込み型のInGaAlAs系半導体レーザ素子を提供することが出来る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

具体的な実施の形態を説明するに先立って、本願発明を裏付ける実験的事実について説明する。

【0017】

第1は、結晶成長時の結晶性、ホモロジーの観察など結晶面からの検討である。即ち、InP基板上のInGaAlAs系混晶において、Alを含んだ層の結晶組成と再成長層の結晶性を系統的に調べた。図1は試料構造、表1は表面モホロジーのまとめである。

【0018】

【表1】

表 1

組成	表面モホロジー
In _{0.52} Al _{0.48} As	白濁(多結晶状)
In _{0.52} Ga _{0.24} Al _{0.24} As	クロスハッチ
In _{0.52} Ga _{0.36} Al _{0.12} As	鏡面
In _{0.53} Ga _{0.47} As	鏡面

【0019】

検討ではInP基板20上にIn_{1-x-y}Ga_xAl_yAs層21を成長する。そして、埋め込み型半導体レーザ装置における埋め込み成長前と同じ処理を施した後、InP層22を厚さ400nmに成長した。Al組成の多いIn_{0.52}Al_{0.48}As表面は白濁しているのに対し、Al組成の少ないIn_{0.52}Ga_{0.36}Al_{0.12}AsやIn_{0.53}Ga_{0.47}Asでは鏡面が得られた。又、Al組成が0.24付近では白濁は低減したが、クロスハッチが発生しており、以前として再成長界面には欠陥が残っていた。この結果を表1にまとめた。表面モホロジーはAl組成の低減に伴い鏡面になる傾向があり、Al組成0.13以下においてInPやInGaAsと同等な鏡面が得られた。更に透過電子顕微鏡の評価においても、再成長層の欠陥はAl組成0.13以下において無くなった。

【0020】

第2は、埋め込み型半導体レーザ素子における検討結果である。埋め込み型半導体レーザ素子において、Al組成と素子特性の関係を検討した。図2はAl組成を変えた時の微

小電流と電圧の関係である。図2において、横軸は半導体レーザ素子に逆方向電圧を印加した時の印加電圧、縦軸は電流である。量子井戸層（InGaAlAs層）のAl組成が0.2の場合、逆方向電圧をえた時のリーク電流は大きいが、Al組成が0.1の場合には界面のリーク電流は小さく、InGaAsP系埋め込み型レーザと同等の値であった。

【0021】

一方、素子の信頼性においても、Al組成が0.1の場合には光通信で必要とされる約10万時間の長期信頼性が実現されたが、Al組成が0.2の場合には数万時間以内であった。

【0022】

以上の結果は、Al組成の低減に伴い表面層の酸化が減少し、再成長界面の欠陥が低減することを表している。更に、仔細な検討の結果、InGaAsP系と同等の高品質な界面を得るために、もしくは光通信で必要とされる長期信頼性を実現するためには、Al組成を0.13以下にする必要があることが明らかとなった。その実例については、後述の実施の形態の説明で例示される。

【0023】

一方、光信用半導体レーザにおける送信側光源の発振波長は、1.3μm帯、1.55μm帯である。In_{1-x-y}Ga_xAl_yAsはIn組成を、0.52～0.53（In_{0.53}Ga_{0.47}AsやIn_{0.52}Al_{0.48}AsでInP基板に格子整合）とすることにより、InP基板に格子整合し、In組成を0.52～0.53に固定しながら、AlとGaの組成比を変えることにより波長制御が可能である。この為、Al組成の多い領域では波長は短く、Al組成の少ない領域では波長が長い。又In組成が多い場合には格子定数は大きく、バンドギャップ波長は短くなり、量子井戸層には圧縮歪が加わる。In組成が少ない場合には格子定数は小さく、バンドギャップ波長は長くなり、量子井戸層には引っ張り歪が加わる。又量子井戸層への歪とデバイス特性との関係については、無歪に比べ歪を導入することによる特性改善が報告されているが、歪としては圧縮歪による報告例が多い。具体的な組成の一例としては、1.55μm帯ではInGaAs量子井戸層（非特許文献2）、1.3μm帯圧縮歪ではIn_{0.673}Ga_{0.157}Al_{0.17}As～In_{0.751}Ga_{0.106}Al_{0.143}As（非特許文献4）などである。一般に1.3μm帯では1.5μm帯に比べ、波長が短いことからAl組成は多い。この為、1.3μm帯での埋め込み型半導体レーザを作製した場合、Al組成が大きいことから長期に信頼性を有する埋め込み型半導体レーザの実現は困難である。

【0024】

本発明では以上のことを鑑みて、1.3μm帯で発光するInGaAlAs系歪量子井戸層のAl組成低減を試みた。具体的にはAl組成は再成長時の表面ホモロジーが鏡面な組成比とし（表1参照）In組成を低減し、Ga組成を増やすことにより、1.3μm付近で発光する歪量子井戸層を作製した。尚、1.3μm帯での発光については、一般にAl組成を増すことによっても可能であるが、この場合には長期信頼性が得られないため、In組成を低減し、Ga組成を増大した。

【0025】

又、Ga組成を増やすことから、量子井戸層には引っ張り歪が加わり、レーザの素子特性、発光波長などが変わる。発光波長は膜厚と井戸層のバンドギャップ波長に依存し、井戸層のバンドギャップ波長は井戸層の混晶組成によるバンドギャップ波長と歪量による波長変化に依存する。図3は、多重量子井戸構造における、量子井戸層の厚さと発光波長変化の一般的な関係を示す図である。横軸が量子井戸層の厚さ、縦軸が発光波長である。図4Aは、InGaAlAs混晶における無歪でのバンドギャップ波長と歪量の組成図である。図4BはInGaAsにおける歪量を考慮した場合と考慮しない場合の波長変化である。各々の場合が、（組成変化+歪応力）、（組成変化）として示される。InGaAlAsの引っ張り歪が加わることにより若干、波長が長くなり、合計として波長は短くなる。実際の多重量子井戸構造の発光波長が定められることになる。尚、井戸層の厚さは、一般的に3nmより10nm、より好ましくは4nmより8nm程度である。歪み量は、一

一般的に0以下-1.9%、より好ましくは-0.8%以下-1.5%程度である。このような、各種パラメータの調整によって、発振波長1.25μmより1.35μmの1.3μm帯を得る。尚、概ね-0.2%程度の歪量によって本願発明の効果が十分と見なし得る。

【0026】

1.36~1.49μm帯においても、一般的には井戸層の厚みは、1.3μm帯のそれと同程度である。歪量は、波長が長いのでA1組成が少ない圧縮でも可能である。

【0027】

引っ張り歪での素子特性や欠陥の無い1.3μm帯In_{1-x-y}Ga_xAl_yAs系歪量子井戸層の組成範囲について検討した。表2は、1.3μm帯のInGaAlAs系リッジストライプ型レーザ素子における、圧縮歪、引っ張り歪、無歪でのしきい電流値と1.3μmでの発光が可能なA1組成の範囲である。

【0028】

【表2】

表 2

歪量	しきい電流値	A1組成比	
-1.20%	7mA	0.06	本発明
0%	12mA	0.11	比較例
+1.2%	7mA	0.21	比較例

【0029】

無歪でのA1組成は0.11と少ないが、しきい電流値が高い。引っ張り歪(-1.2%)では、しきい電流値が低く、且つ再成長界面の発生しないリッジストライプ型レーザ素子を得ることが出来た。一方、圧縮歪(+1.2%)では、しきい電流値は低くなるが、A1組成比が大きく、長期信頼性に問題が発生する。以上の結果は素子特性については、無歪が一番悪く、引っ張りでも圧縮でも歪の効果で素子特性は向上するが、A1組成の多い圧縮でも高信頼な埋め込み型レーザの実現が困難なことを示している。

【0030】

図5は、A1組成が0.13以下の組成範囲、引っ張り歪の組成範囲、A1組成が0.13以下で引っ張り歪の組成範囲及びA1組成が0.13以下、引っ張り歪における1.3μm付近(1.25μm~1.35μm)での発光が可能なIn_{1-x-y}Ga_xAl_yAs井戸層の組成範囲である。図6において、InGaAlAs量子井戸層の組成比が(In_{1-x-y}Ga_xAl_yAs)が、H (In:0.53、Ga:0.34、Al:0.13)、I (In:0.53、Ga:0.40、Al:0.07)、J (In:0.4、Ga:0.6、Al:0)、K (In:0.26、Ga:0.74、Al:0)、L (In:0.46、Ga:0.41、Al:0.13)の範囲内において、素子の信頼性や特性を劣化させることなく、1.3μm付近での発光が可能であった。点Lと点Kとを結ぶ線の右側の領域は、波長が要請より短波長となる。又、点Hと点Iと点Jとを結ぶ線の左側の領域は逆に、波長が要請より長波長となる。点Hと点Lを結ぶ線の上方の領域はA1の組成比が大きく、長期信頼性の欠けたものとなる。

【0031】

図5の組成図において、点M (In:0.38、Ga:0.58、Al:0.04)は前記の範囲内の例である。この試料による半導体レーザ素子は、所定の波長範囲の確保並びに長期の特性の十分な安定性を示す。一方、点N (In:0.64、Ga:0.18、Al:0.18)は、比較例であり、Al量が多く、長期の安定性に難点を示す。

【0032】

次に、発光波長が $1.36 \mu\text{m} \sim 1.49 \mu\text{m}$ の波長帯域について説明する。図6は、 $1.36 \sim 1.49 \mu\text{m}$ 帯を実現するための領域を示す組成図である。InGaAlAs量子井戸層の組成比 ($\text{In}_{1-x-y}\text{Ga}_x\text{Al}_y\text{As}$) が、O ($\text{In}:0.76, \text{Ga}:0.11, \text{Al}:0.13$)、P ($\text{In}:0.5, \text{Ga}:0.5, \text{Al}:0$)、Q ($\text{In}:0.34, \text{Ga}:0.66, \text{Al}:0$)、R ($\text{In}:0.55, \text{Ga}:0.32, \text{Al}:0.13$) の範囲内にあることが肝要である。この波長帯域においても、点Rと点Qとを結ぶ線の右側の領域は、波長が要請より短波長となる。又、点Oと点Pとを結ぶ線の左側の領域は逆に、波長が要請より長波長となる。点Oと点Rを結ぶ線の上方の領域はAlの組成比が大きく、長期信頼性の欠けたものとなる。

【0033】

図6の組成図において、点S ($\text{In}:0.6, \text{Ga}:0.34, \text{Al}:0.06$) 及び点T ($\text{In}:0.49, \text{Ga}:0.45, \text{Al}:0.06$) は前記の範囲内の例である。この試料による半導体レーザ素子は、所定の波長範囲の確保並びに長期の特性の十分な安定性を示す。一方、点U ($\text{In}:0.73, \text{Ga}:0.08, \text{Al}:0.19$) 及び点V ($\text{In}:0.46, \text{Ga}:0.35, \text{Al}:0.19$) は、比較例であり、Al量が多く、長期の安定性に難点を示す。

【0034】

これまで、本願の最も基本的な構成に基づいて説明した。半導体光素子を構成する他の諸部材は、通例の半導体光素子における諸技術と同様に考えて十分である。活性領域に対してInP基板側のクラッド層は、InP基板自体或いはInP基板にこれとは別異の化合物半導体層、例えば、InAlAs層などを形成した層を用いることが出来る。又、前記活性領域とクラッド層の間にこれらの両領域の中間的な屈折率を有する、いわゆる光閉じ込めの為の光ガイド層を用いることも実際的である。

【0035】

本発明での活性領域を含む半導体積層体の構成例を、図7を用いて具体的に説明する。本発明の半導体光素子は、InP基板50の上部に少なくとも、活性領域54とこの上部に上部のクラッド層を有する。活性領域54は、これまで説明してきたように量子井戸構造を有する。量子井戸層は、発光波長の選択の関係からInGaAlAs層が用いられる。その組成選択の詳細は、前述した通りである。障壁層は、一般にInGaAlAs層が用いられる。井戸層及び障壁層の厚さは通例の量子井戸構造のそれに倣って十分である。一般に井戸層は4nmから8nm程度、障壁層は5nmより10nm程度が用いられる。活性領域54と両クラッド層の領域(51、52、及び56、57)の間にいわゆる光ガイド層53、55が挿入されることが実際的である。光ガイド層はInGaAlAs或いはInGaAsPなどが用いられる。光ガイド層は、発振するレーザ光に対する屈折率がクラッド層のそれより大きく且つ活性領域のそれより小さい値が選択される。光ガイド層の厚さは概ね20nmより0.2μmである。勿論、要請される特性に応じて、この光ガイド層は省略することが出来る。こうした光閉じ込めに関する更なる一般的な改良策の適用がなされることもある。これまでの説明では、レーザ共振はファブリ・ペロ型共振器(Fabry-Perot Resonator)でなされた例であるが、他の共振器、例えばDFB型(Distributed Feedback)でも勿論十分である。この場合、Alを含んだ層の表面酸化を未然に防ぐため、光ガイド層にInGaAsP層を用い、この層と他の層の界面に回折格子を形成することが実際的である。

【0036】

前記上部のクラッド層は、一つの層でなされる場合、複数の層で構成される場合もある。前述の光ガイド層55の上部にInAlAs層などを上部の第1のクラッド層56を設け、この上部に更にInP層によるクラッド層57を設ける例が代表的な例である。基板側のクラッド層は、InP基板自体がクラッド層の機能を果たすことが出来る。従って、InP基板上にInP層をエピタキシャル成長し、この層を第1の基板側クラッド層、この上部にInAlAs層などの基板側の第2のクラッド層52を設ける例が代表的な例である。

【0037】

<実施例1>

図8は、本発明の $1.3\mu\text{m}$ 帯の埋め込み型半導体レーザ素子のレーザ光の進行方向と交差する面での断面図である。有機金属気相成長法により、n-InP基板1上にn-InPバッファ層2(Si濃度： $1\times10^{18}\text{cm}^{-3}$ 、500nm膜厚)、n-In_{0.5}Ga_{0.08}Al_{0.40}Asガイド層3(80nm膜厚、InP基板に格子整合、波長：920nm、Si濃度： $1\times10^{18}\text{cm}^{-3}$)を積層した後、歪量子井戸構造6(9周期)、アンドープIn_{0.52}Ga_{0.08}Al_{0.40}Asガイド層7(80nm膜厚、InP基板に格子整合、波長：920nm)、p-In_{0.52}Al_{0.48}Asクラッド層8(100nm膜厚、InP基板に格子整合、Zn濃度： $2\times10^{17}\text{cm}^{-3}$)、p-InPクラッド層9(200nm、Zn濃度： $2\times10^{17}\text{cm}^{-3}$)、p-InPクラッド層10(1500nm膜厚、Zn濃度： $8\times10^{17}\text{cm}^{-3}$)、p-InGaAsコンタクト層11(200nm膜厚、InP基板に格子整合、Zn濃度： $2\times10^{19}\text{cm}^{-3}$)を順次成長した。尚、前記歪量子井戸構造6は、アンドープIn_{0.38}Ga_{0.56}Al_{0.06}As歪量子井戸層4(歪量：-1.0%、8nm膜厚)、アンドープIn_{0.52}Ga_{0.16}Al_{0.32}As障壁層5(10nm膜厚、InP基板に格子整合、波長：1000nm)で構成される。

【0038】

その後、ドライエッチングもしくはウエットエッチングにより、メサストライプ12を形成する。このメサストライプの側面を、FeドープInP高抵抗層13(Fe濃度： $2\times10^{17}\text{cm}^{-3}$)により埋め込んだ。更にp側電極14、n側電極15を受け、レーザ構造とした。

【0039】

本発明の効果としては、In_{0.68}Ga_{0.11}Al_{0.21}As歪量子井戸層(歪量：+1.0%、8nm膜厚)を用いた埋め込み型レーザ素子に比べ、レーザのしきい電流値を約2割の低減でき、素子の寿命を約5倍にできた。又、同じ活性層を用いたリッジストライプ型レーザに比べ、しきい電流値は約4割の低減であった。素子の寿命はレーザの動作電流が50%増大するまでの時間で評価した。この結果、InGaAlAs系においてもInGaAsP系と同等の10万時間の長期信頼性が実現できた。尚、埋め込み型構造による閾電流値の低減は、横方向の電流狭窄が十分に行われていることを示している。一方、井戸層のAl組成低減による閾電流値の低減は、再成長界面の欠陥低減を表しており、高品質な再成長界面が得られていることを示している。

【0040】

<実施例2>

図9は、p-n接合を有する埋め込み層を用いたInP埋め込み型の半導体レーザ素子の例で、図8と同様に、レーザ光の進行方向と交差する面での断面図である。

【0041】

上記実施例と同様、n-InP基板1上にp-InPクラッド層9までを積層後、メサストライプ16を形成した。その後、p-InP埋め込み層17(膜厚800nm、Zn濃度： $8\times10^{17}\text{cm}^{-3}$)、n-InP埋め込み層18(膜厚400nm、Si濃度： $2\times10^{18}\text{cm}^{-3}$)を形成した。更に、p-InPクラッド層19、p-InGaAsコンタクト層20を形成した後、実施例1と同様の工程によりレーザ構造を作製した。

【0042】

本例の場合には、p-InP層に電流が流れ、埋め込み層のp/n/p接合により電流をブロックすることから、埋め込み界面や埋め込み層の結晶性が長期信頼性に大きく影響する。この為、本例ではIn_{0.68}Ga_{0.11}Al_{0.21}As歪量子井戸層(歪量：+1.0%、8nm膜厚)を用いた埋め込み型レーザ素子に比べ、レーザのしきい電流値を約4割の低減でき、素子の寿命を約10倍に増大できた。

【0043】

<実施例3>

本例はp型の変調ドープ多重量子井戸構造に適用した例である。図10は、変調ドープ多重量子井戸構造のレーザ光の進行方向と交差する面での断面図である。

【0044】

有機金属気相成長法により、n-InP基板1上に、n-InPバッファ層2(Si濃度： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、500nm膜厚)、n-In_{0.52}Ga_{0.08}Al_{0.40}Asガイド層3(80nm膜厚、InP基板に格子整合、波長：920nm、Si濃度： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を積層した後、歪重量子井戸構造22(9周期)、アンドープIn_{0.52}Ga_{0.08}Al_{0.40}Asガイド層7(80nm膜厚、InP基板に格子整合、波長：920nm)を積層した後、上記実施例1と同様の工程によりレーザ構造を作製した。尚、前記歪重量子井戸構造22は、アンドープIn_{0.38}Ga_{0.56}Al_{0.06}As歪重量子井戸層4(歪量：-1.0%、8nm膜厚)、ZnドープIn_{0.52}Ga_{0.16}Al_{0.32}As障壁層21(10nm膜厚、InP基板に格子整合、波長：1000nm、Zn濃度： $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)で構成される。

【0045】

本発明の効果としては、実施例1と同様にIn_{0.68}Ga_{0.11}Al_{0.21}As歪重量子井戸層(歪量：+1.0%、8nm膜厚)を用いた埋め込み型レーザ素子に比べ、レーザの閾電流値、素子の信頼性において同様の効果が得られた。更に、従来の圧縮歪や無歪に比べ、本発明での引っ張り歪では、p型変調ドープの効果が非常に大きくなる。この為、In_{0.68}Ga_{0.11}Al_{0.21}As歪重量子井戸層(歪量：+1.0%、8nm膜厚)では、p型変調ドープ構造にしても緩和振動周波数(緩和振動周波数は微分利得の平方根に比例)は3割程度の増大であったが、本発明のIn_{0.38}Ga_{0.56}Al_{0.06}As歪重量子井戸層4(歪量：-1.0%、8nm膜厚)では、p型変調ドープ構造とすることにより、緩和振動周波数を5割増大できた。このことによって、直接変調型レーザ素子の高速化を実現できた。表3は、上述の効果を裏付ける特性比較である。即ち、表3には、重量子井戸層の引っ張り歪、圧縮歪、無歪の各状態の比較である。更に、多重量子井戸構造がアンドープの場合とp型変調ドープ多重量子井戸構造の場合の微分利得を示している。本願発明の引っ張り歪みの場合が最も優れた特性を示している。

【0046】

【表3】

表3

歪量	微分利得(cm ²)		本発明
	アンドープ	p型変調ドープ	
-1.20%	1×10^{15}	2.3×10^{15}	本発明
0%	0.45×10^{15}	0.86×10^{15}	比較例
+1.2%	0.9×10^{15}	1.5×10^{15}	比較例

【0047】

尚、p型ドープ量は、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ より $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲を多用する。上記実施例ではp型ドーパントとしてZnを用いたが、他のp型ドーパントであるC(カーボン)やBe(ベリリュウム)などを用いても良い。また、ドーパントの濃度、種類

、 InGaAlAs 層の関係については高濃度においてもなるべく拡散しにくいことが望ましい。

【0048】

<実施例4>

本例は、活性層の発光波長が $1.36\text{ }\mu\text{m} \sim 1.49\text{ }\mu\text{m}$ にある半導体光素子に関する本発明の例である。こうした例は、ラマンアンプ用励起光源や $1.48\text{ }\mu\text{m}$ にあるファイバーアンプ用励起光源に適用して有用である。

【0049】

量子井戸層の組成の選択以外は、実施例2と同様の工程によりレーザ構造を制作する。その実装に当っては、高出力時での放熱を良くするため、p電極側を下にしてSiC製ヒートシンク上に搭載した。

【0050】

図6をもって説明した通り、 $In_{1-x-y}Ga_xAl_yAs$ 量子井戸層の組成図において、Al組成が0.13以下で、上記波長範囲での発光を確保できる組成は、組成比がO (In:0.76, Ga:0.11, Al:0.13)、P (In:0.5, Ga:0.5, Al:0)、Q (In:0.34, Ga:0.66, Al:0)、R (In:0.55, Ga:0.32, Al:0.13) の範囲内である。尚、 $1.36 \sim 1.49\text{ }\mu\text{m}$ 帯においては InGaAs でも可能であるが、InGaAs では歪量と膜厚を独立に制御できないため、レーザ構造の最適化が困難である。この為、井戸層の組成としてはAlを含んだInGaAlAs が望ましい。

【0051】

本例では、半導体レーザ素子の信頼性は光出力の増大に伴い劣化するため、 $In_{0.73}Ga_{0.08}Al_{0.19}As$ よりなる歪量子井戸層 (歪量: +1.0%, 8 nm膜厚) を用いた埋め込み型レーザ素子に比べ、本例では、高出力時 (例えば 300 mW) の素子寿命を 20 倍以上増大できた。

【0052】

尚、上記実施例1から4は単体のレーザ構造の例であるが、アレイ状のレーザ構造でも良い。又、n-InP基板上のレーザ構造であるが、p-InP基板上のレーザ構造でも良い。更に、InGaAlAs 障壁層やガイド層の組成については、組成波長を 1000 nm としたが他の組成でも良く、必要により InGaAsP 層を用いることも可能である。井戸層の膜厚についても、本実施例では 8 nm であるが、素子特性の点から 4 nm ~ 10 nm であれば他の膜厚でも良い。多層構造における結晶成長法としては有機金属気相成長法を用いているが、他の薄膜成長法である分子線エピタキシー法やケミカルビームエピタキシー法などでも良い。一方、埋め込み構造の成長法としては、有機金属気相成長法は他の結晶成長法に比べて選択成長が容易であること、最適な成長温度が高いため酸化膜が飛びやすいことなどから、有機金属気相成長法が望ましい。

【0053】

<実施例5>

本例は光モジュールの例を説明するものである。図11は、本発明の半導体光素子を光モジュールに搭載したときの概略平面図である。図12はそのマウント部分の斜視図である。光モジュールのケース40に、本願発明の係わる InGaAlAs 系半導体レーザ素子42が収納される。半導体レーザ素子42はサブマウント43に搭載され、このサブマウント43は所定のレーザ搭載用基板41上に設置されている。この例では、半導体レーザ素子42の一方の電極は、パッド45よりワイヤ46を介してリード49に、他方の電極は、ワイヤ47を介してレーザ搭載用基板41に接続されている。リード49はケース40の外部に引き出されている。他方、レーザ搭載用基板41はリード48に接続され、ケース40の外部に引き出されている。この例に見られるように、本願発明に係わる InGaAlAs 系半導体レーザ素子を用いることによって、通例レーザ装置に配していた熱電冷却器、例えばペルチエ素子を用いずとも、常温において、光通信用の光変調が可能となる。

【0054】

図9のモジュールへの実装に即せば、本発明の埋め込み型半導体レーザ素子42はワイヤー24を通して駆動回路25で動作する。光出力は後段のモニター用受光素子44での信号が駆動回路25にフィードバックされて調整される。信号光27はレンズ28を通して光ファイバー29に集光される。

【0055】

本発明のInGaAlAs系埋め込み型半導体レーザ素子を用いた利点としては、InGaAsP系埋め込み型半導体レーザに比べ、高温におけるレーザ特性の劣化が少ないことから、ペルチエ素子による温度調整機能を設ける必要が無い。又、リッジ型半導体レーザに比べ、活性層が半導体で埋め込まれていることから、素子特性の高温高湿による影響が少ないため、気密封止を必要としない点である。

【0056】

尚、上記実施例1から実施例5は半導体レーザ素子、および半導体レーザ素子を用いた光モジュールについての例であるが、上記波長範囲の光変調器や光スイッチ、およびこれらの光素子を用いたモジュールにおいても、InGaAlAs系での作製は可能であり、同様の効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】図1は、再成長検討用の試料構造の断面図である。

【図2】図2は、半導体光素子の微小電流と電圧の関係を示すである。

【図3】図3は、量子井戸構造における、量子井戸層の厚さと発振波長の関係を示す図である。

【図4A】図4Aは、InGaAlAs混晶における無歪でのバンドギャップ波長と歪量の関係の例を示す図である。

【図4B】図4Bは、歪量と発光波長の関係の例を示す図である。

【図5】図5は、発振波長1.3μm帯において、本発明の実施が可能な範囲を示すInGaAlAs組成図である。

【図6】図6は、発振波長1.36～1.49μm帯において、本発明の実施が可能な範囲を示すInGaAlAs組成図である。

【図7】図7は、本発明の半導体積層体のモデルを示す断面図である。

【図8】図8は、本発明の第1の実施例の半導体光素子のレーザ光の進行方向に交差する面での断面図である。

【図9】図9は、本発明の第2の実施例の半導体光素子のレーザ光の進行方向に交差する面での断面図である。

【図10】図10は、本発明の第3の実施例の半導体光素子のレーザ光の進行方向に交差する面での断面図である。

【図11】図11は、本発明の第5の実施例を示すモジュールの概略平面図である。

【図12】図12は、本発明の第5の実施例を示すモジュールの斜視図である。

【符号の説明】

【0058】

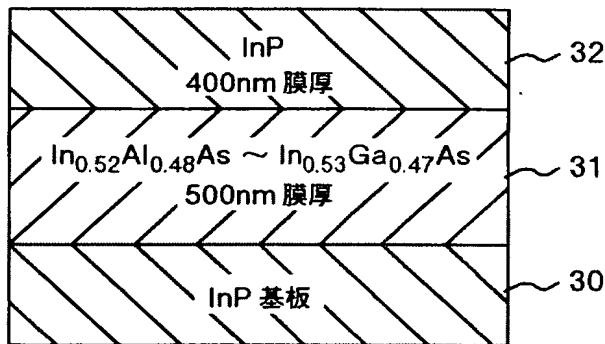
1：n-InP基板、2：n-InPバッファ層、3：n-InGaAlAsガイド層、
 4：アンドープInGaAlAs歪量子井戸層、
 5：アンドープInGaAlAs障壁層、6：歪量子井戸構造、
 7：アンドープInGaAlAsガイド層、8：p-InAlAsクラッド層、
 9：p-InPクラッド層、10：p-InPクラッド層、
 11：p-InGaAsコンタクト層、12：メサストライプ、
 13：FeドープInP高抵抗層、14：n側電極、15：p側電極、
 16：メサストライプ、17：p-InP埋め込み層、18：n-InP埋め込み層、
 19：p-InPクラッド層、20：p-InGaAsコンタクト層、
 21：ZnドープInGaAlAs障壁層、22：歪量子井戸構造、

23：埋め込み型半導体レーザ、24：ワイヤー、25：駆動回路、
26：モニター用受光素子、27：信号光、28：レンズ、29：光ファイバー。

【書類名】図面

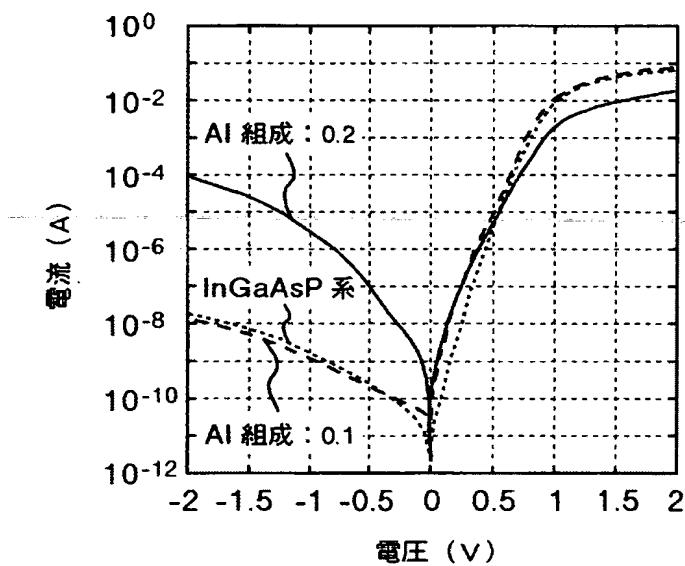
【図 1】

図 1



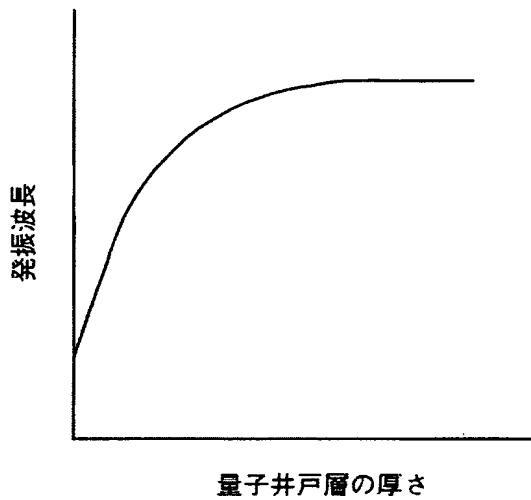
【図 2】

図 2



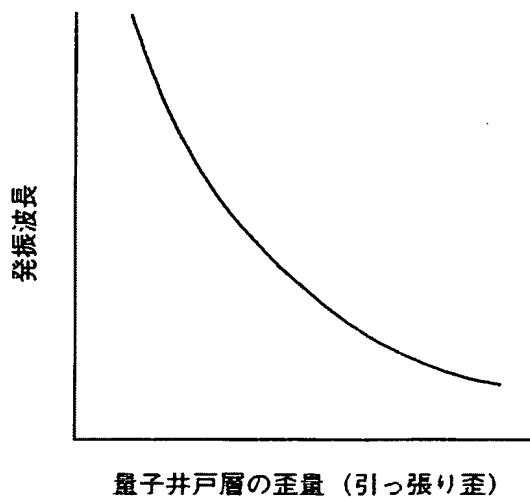
【図3】

図 3



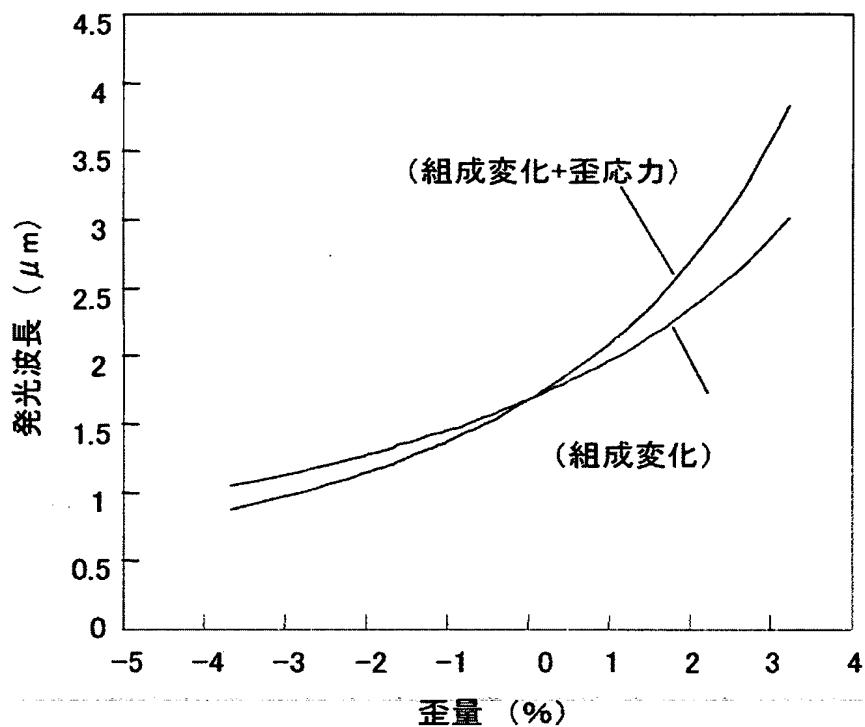
【図4 A】

図 4 A



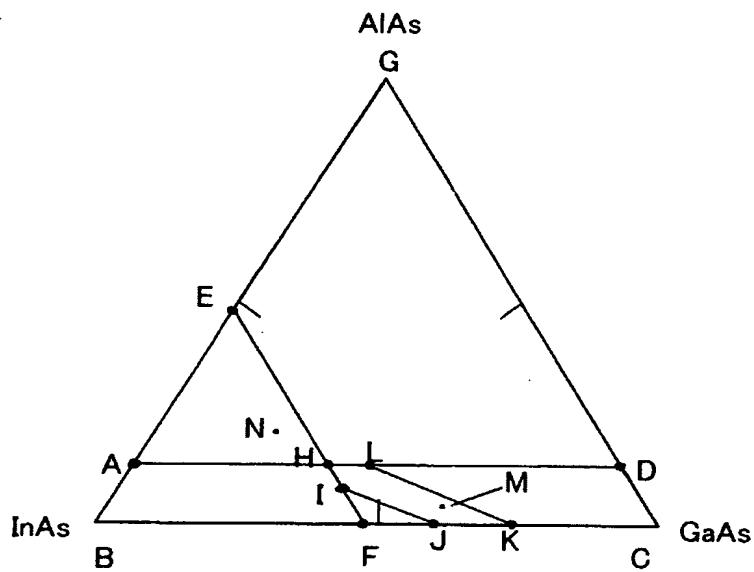
【図4B】

図 4 B



【図5】

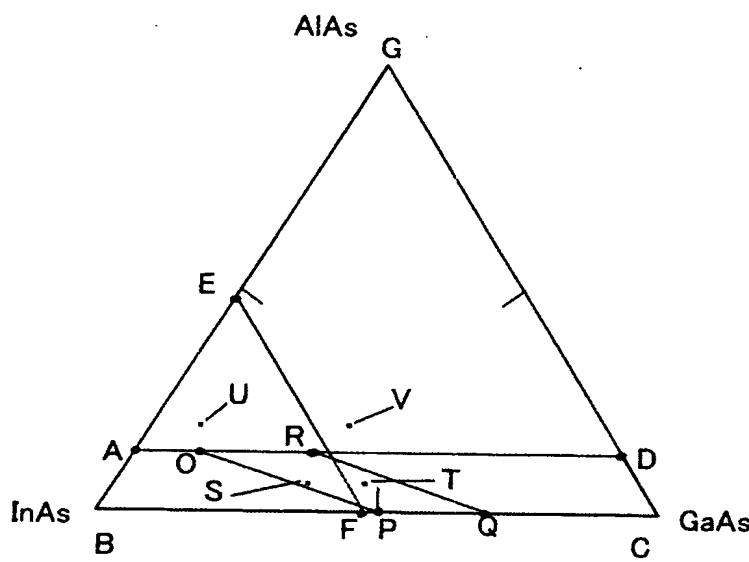
図 5



- A (In: 0.87, Ga: 0, Al: 0.13)
- B (In: 1.0, Ga: 0, Al: 0)
- C (In: 0, Ga: 1.0, Al: 0)
- D (In: 0, Ga: 0.87, Al: 0.13)
- E (In: 0.52, Ga: 0, Al: 0.48)
- F (In: 0.53, Ga: 0.47, Al: 0)
- G (In: 0, Ga: 0, Al: 1.0)
- H (In: 0.53, Ga: 0.34, Al: 0.13)
- I (In: 0.53, Ga: 0.4, Al: 0.07)
- J (In: 0.4, Ga: 0.6, Al: 0)
- K (In: 0.26, Ga: 0.74, Al: 0)
- L (In: 0.46, Ga: 0.41, Al: 0.13)
- M (In: 0.38, Ga: 0.58, Al: 0.04)
- N (In: 0.64, Ga: 0.18, Al: 0.18)

【図6】

図 6



O (In: 0.76, Ga: 0.11, Al: 0.13)

P (In: 0.5, Ga: 0.5, Al: 0)

Q (In: 0.34, Ga: 0.66, Al: 0)

R (In: 0.55, Ga: 0.32, Al: 0.13)

S (In: 0.6, Ga: 0.34, Al: 0.06)

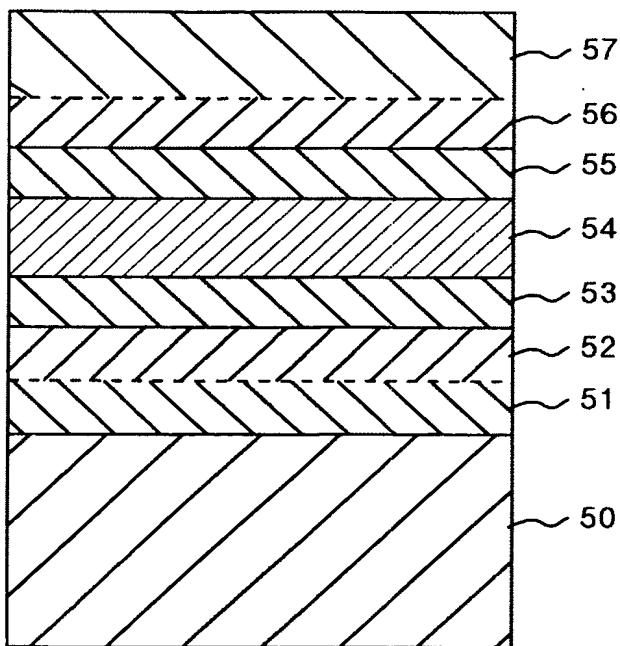
T (In: 0.49, Ga: 0.45, Al: 0.06)

U (In: 0.73, Ga: 0.08, Al: 0.19)

V (In: 0.46, Ga: 0.35, Al: 0.19)

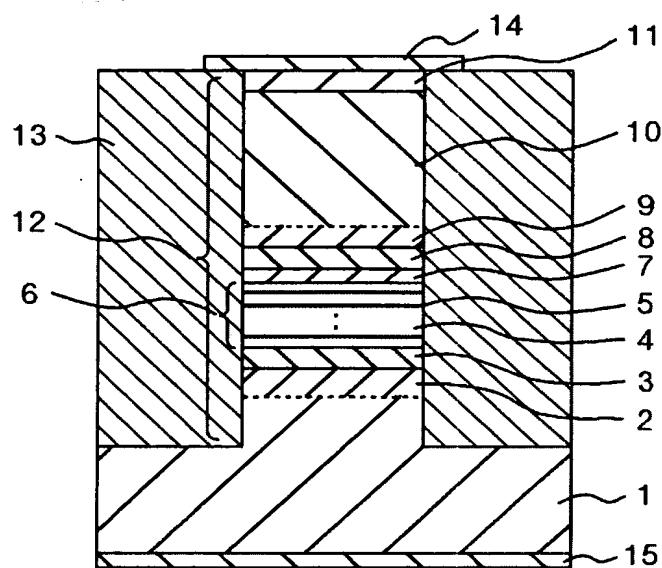
【図 7】

図 7



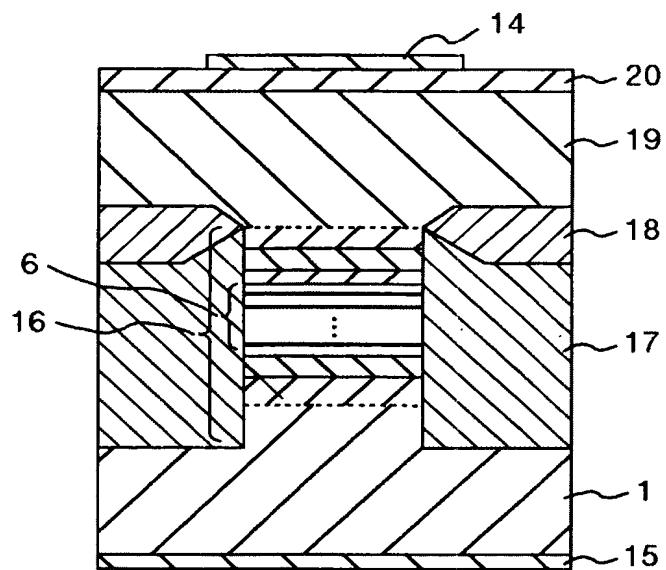
【図 8】

図 8



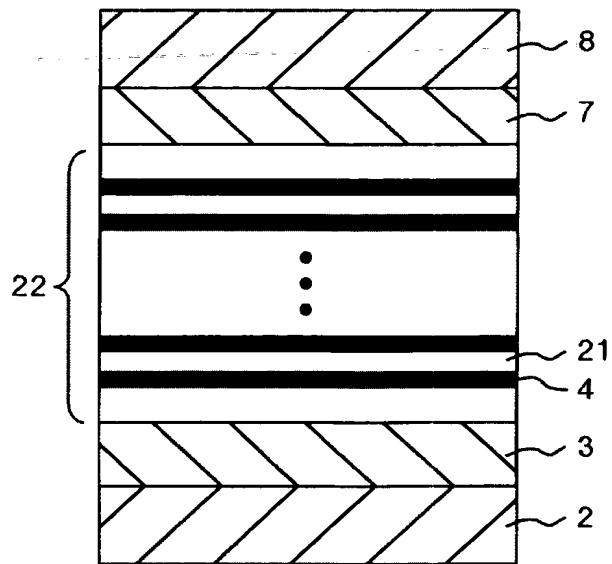
【図9】

図 9



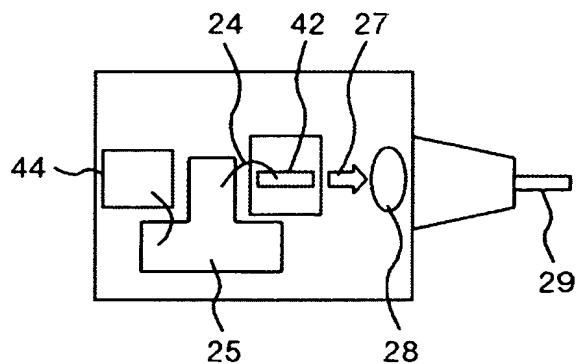
【図10】

図 10



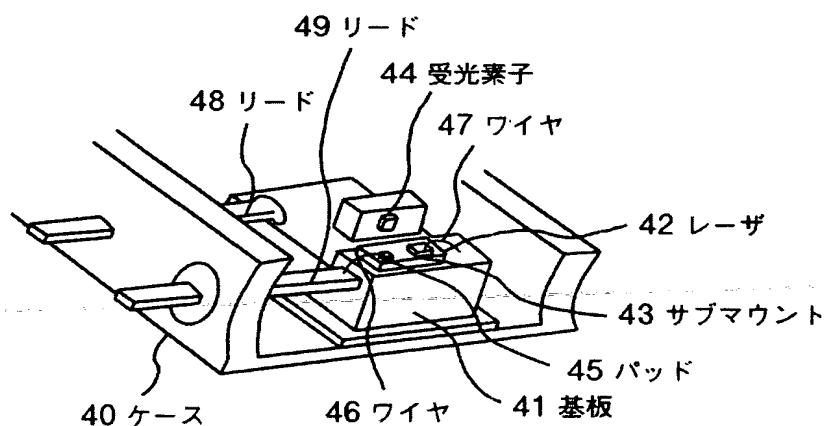
【図11】

図 11



【図12】

図 12



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 InGaAlAs系の埋め込み型レーザでは素子特性の向上が期待されるが、活性層にAlを含むことから、再成長界面に欠陥が発生し、光通信で必要とされる長期信頼性を実現することが困難であった。

【解決手段】 再成長層の結晶とAl組成の関係を詳細に検討し、Al組成を低減した引っ張り歪の量子井戸層を用いることにより、素子特性の向上と長期信頼性を実現した。

【選択図】 図5

特願 2003-415251

出願人履歴情報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所

特願 2003-415251

出願人履歴情報

識別番号 [301005371]

1. 変更年月日 2001年 3月16日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地
氏 名 日本オプネクスト株式会社